

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

**Estado da arte da natação: cinemática, eficiência, coordenação e
energética**

Ricardo de Assis Correia

Orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

**PORTO ALEGRE
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

**Estado da arte da natação: cinemática, eficiência, coordenação e
energética**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro.

Ricardo de Assis Correia

PORTO ALEGRE

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Correia, Ricardo de Assis
: Estado da arte da natação: cinemática, eficiência,
coordenação e energética / Ricardo de Assis Correia.
-- 2021.
51 f.
Orientador: Flávio Antonio de Souza Castro.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa de
Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto
Alegre, BR-RS, 2021.

1. natação. 2. desempenho. 3. biomecânica. 4.
fisiologia. I. Castro, Flávio Antonio de Souza,
orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos os apaixonados pela natação, esporte da minha preferência, sempre fará parte da minha carreira profissional e acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por estar vivo e saudável, prosseguindo nas conquistas dos meus sonhos e objetivos traçados.

À minha família, pai Carlos, mãe Antonia (*in memoriam*), minha irmã Bruna, sobrinha Laura, e em especial, aos meus tios Tânia e Elismar pelos incentivos. Não poderia esquecer todos da família Garcia e Correia que contribuíram direta e indiretamente na minha formação.

Aos amigos especiais que sempre me incentivaram durante a minha formação acadêmica, em especial ao casal Rodrigo Vitorio e Ellen Lirani, Alexandre Prado, Luíza Gallo, Alberito Carvalho, Wellington Feitosa e Lucas Beal. Aos amigos e alunos que conquistei durante minha carreira profissional, em especial aos da minha passagem pelo clube Leopoldina Juvenil, academia Ineex e projeto de extensão em natação e polo aquático da UFRGS. Em especial, aos amigos Rafael Moreschi, Max Miller e Willian Alves, pessoas especiais e essenciais que a vida me deu, por quem tenho grande carinho e admiração.

Aos grandes professores que tive desde o início da minha formação acadêmica (UNESP e UFRGS) ao quais sou muito grato por todos os ensinamentos. Em especial, ao meu orientador, professor Dr. Flavio Antônio de Souza Castro por toda a dedicação e colaboração em todos os momentos, desde da formação do mestrado até esse momento de término do doutorado. Um grande professor que sempre terei como referência acadêmica.

Aos colegas que passaram pelo Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos (GPEA) durante a minha trajetória. A colaboração de todos foram essenciais nas coletas e análise de dados. Em especial, ao amigo e grandioso professor Dr. Wellington Gomes Feitosa (UECE) que colaborou comigo em todos os momentos, desde o início do mestrado. Um grande amigo, pessoa de extrema confiança, por quem possui um grande respeito e admiração. Agradeço também a minha bolsista, Ana Laura Radtke e colegas do grupo Anita Falk, Daniela Ongaratto, Lucas Beal, Marcos Franken e Wellington Feitosa pela grande colaboração nas longas análises de dados biomecânicos.

Aos amigos de outros grupos de pesquisa do PPCMH-UFRGS, em especial, Francesco Boeno e Alex Fagundes, que auxiliaram nas coletas de lactato sanguíneo, os meus sinceros agradecimentos.

Aos professores João Paulo Vilas-Boas (UP), Fernando Diefenthaler (UFSC) e Leonardo Peyré-Tartaruga, referências científicas internacionais, pelo aceite em analisar e avaliar esta tese.

Aos funcionários do Campus Olímpico da UFRGS, LAPEX e, em especial, aos do Centro Natatório por toda a dedicação, disponibilidade e atenção para conosco.

Aos técnicos e nadadores dos clubes esportivos de Porto Alegre que participaram dessa pesquisa. Obrigado pela disponibilidade e dedicação em colaborar sempre com nossos estudos.

EPÍGRAFE

“- Nunca deixe que alguém te diga que não pode fazer algo. Nem mesmo eu. Se você tem um sonho, tem que protegê-lo. As pessoas que não podem fazer por si mesmas, dirão que você não consegue. Se quer alguma coisa, vá e lute por ela”. **(Fala de personagem de Will Smith em cena do filme À Procura da Felicidade)**

APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado possui como temática principal a natação competitiva, especialmente seus parâmetros de desempenho relacionados à cinemática, eficiência propulsiva, coordenação e energética.

A ideia central da tese surgiu da continuação de minha dissertação de mestrado, apresentada neste Programa em 2016. Inicialmente, além das investigações dos parâmetros citados, em teste de 400 m nado crawl, identificou-se a possibilidade de reunir os estudos das cinco décadas sobre o teste de 400 m nado crawl e a prova de 400 m nado livre e elaborar uma meta-análise com dados desses parâmetros de desempenho (**Estudo I** da presente tese).

A investigação sobre os 400 m nado crawl foi aprimorada com a identificação e análise de eficiência propulsiva e comparação de todos os parâmetros entre dois grupos de nadadores divididos pelo nível de desempenho, tendo por base os tempos em prova competitiva e em teste. Além disso, foi buscado um modelo que tentasse explicar ambos os desempenhos em 400 m (prova competitiva, nado livre, e teste, nado crawl - **Estudo II** da presente tese).

Como a grande maioria dos estudos em natação competitiva se concentra em análises do nado crawl, verificou-se que existia certa lacuna e necessidade de investigações sobre cinemática, eficiência e coordenação nos outros nados competitivos (costas, peito e borboleta), especialmente sob diferentes intensidades de nado e para ambos os sexos (**Estudo III** da presente tese).

Desse modo, por meio dos apontamentos e sequências apresentadas, surgiram três estudos (escritos em língua inglesa e formatados para submissão) que compõe a presente tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e intitulada: **Estado da arte da natação: cinemática, eficiência, coordenação e energética**. Esta tese está estruturada em: (i) introdução geral; (ii) três estudos originais; (iii) implicações e considerações finais; e (iv) modelo determinista de desempenho em natação a partir dos achados da tese. Os estudos (I, II e III) foram organizados de acordo com os objetivos específicos relacionados ao tema central e formatados com pretensões de submissão de acordo com as regras de periódicos específicos, assim os estudos são:

- I. *Performance parameters of the in 400-m front crawl: a continuous descriptive meta-analysis* (formatado de acordo com as normas do *International Journal of Performance Analysis in Sport*);
- II. *What parameters influence the 400-m front crawl test and event performances?* (formatado de acordo com as normas do *Journal of Sports Science*);
- III. *Effects of different intensities and gender on mechanical parameters in four swimming strokes* (formatado de acordo com as normas do *Journal Sports Science*).

O projeto da tese foi previamente submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sendo devidamente aprovado (CAAE nº 82225718.5.0000.5347) (Anexo A). Houve a anuência institucional (Anexo B) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, do Laboratório de Pesquisa em Exercício (LAPEX) e do Centro Olímpico desta Universidade. Por meio de cartaz de divulgação (Apêndice A) os participantes foram convidados e, ao comparecimento nos dias de teste, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B). Ao longo do doutorado, participei de diversos projetos de pesquisa que resultaram em estudos que foram publicados e trabalhos que foram apresentados em eventos científicos (listados no Apêndice C). Todas as coletas de dados, desta tese, foram realizadas no ambiente da piscina do Centro Olímpico da UFRGS com a colaboração dos pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos (GPEA-UFRGS).

O ingresso no doutorado ocorreu em agosto de 2016, com previsão de defesa primeiramente em agosto de 2020. Porém, com a pandemia de Covid-19 instalada, foi necessário o pedido de prorrogação da defesa para fevereiro de 2021. A conclusão desta tese só foi obtida com esforços de todas as partes envolvidas (integrantes do Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos, gestores, professores e funcionários da UFRGS).

RESUMO

Parâmetros relacionados à cinemática, eficiência, coordenação e energética são fundamentais para a compreensão do desempenho em natação. Sendo assim, constituem esta tese três estudos, cujos objetivos são: (I) realizar revisão sistemática com meta-análise de estudos envolvendo parâmetros cinemáticos, eficiência, coordenação e energia em teste de 400 m nado crawl; (II) comparar os parâmetros cinemáticos, de coordenação, eficiência e energética entre dois níveis de desempenho em 400 m nado livre e verificar quais parâmetros são mais influentes nos desempenhos em teste de 400 m nado crawl e prova de 400 m nado livre; (III) entre diferentes intensidades, comparar frequência de ciclo de braçadas, deslocamento por ciclo e velocidade do centro de massa, eficiência propulsiva, duração das fases propulsivas e não propulsivas das braçadas e deslocamento tridimensional da mão, e correlacionar a eficiência propulsiva e o deslocamento tridimensional da mão nos quatro estilos competitivos e ambos os sexos. **Principais resultados. Estudo I:** em estudos que focam o teste de 400 m nado crawl, nadadores atingem velocidade média de nado considerada moderada ($1.34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), o que facilita a permanecer em alta eficiência propulsiva (34.7%) e gera modelo coordenativo de nado em captura (índice de coordenação = -11.0%), com médio a elevado valor de consumo de oxigênio de pico ($58,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). **Estudo II:** grupo de melhor desempenho em prova de 400 m nado livre (G1) apresenta melhor desempenho no teste de 400 m nado crawl, maior eficiência propulsiva, maior potência energética total com destaque para a aeróbia, e menor contribuição anaeróbia alática. Parâmetros cinemáticos foram os que mais influenciaram o desempenho em teste e prova. **Estudo III:** (i) frequência de ciclo de braçada e velocidade aumentaram em ambos os sexos com o aumento das intensidades; (ii) eficiência propulsiva diminuiu com aumento das intensidades no nado peito em homens e em ambos os sexos no nado borboleta, sem interação entre intensidades e sexo; (iii) duração das fases propulsivas e não propulsivas aumentaram e diminuíram, respectivamente, com o aumento das intensidades (exceto no nado borboleta) com diferenças entre os sexos e intensidades no nado crawl; (iv) deslocamento horizontal das mãos reduziu, principalmente nos homens, sem interações entre sexos e intensidades; (v) correlações significativas negativas foram encontradas, principalmente no deslocamento horizontal das mãos de ambos os sexos no nado crawl e borboleta na alta intensidade. Assim, essa tese permitiu (i) análise sistemática sobre os parâmetros de desempenho em 400 m nado crawl, tais resultados podem servir como referências; (ii) identificar que, entre os níveis de desempenho em 400 m nado livre, a condição aeróbia foi determinante para atingir melhor desempenho em teste de 400 m nado crawl, com adição de melhor eficiência e parâmetros cinemáticos contribuíram de modo importante desempenho em teste, de modo similar à prova de 400 m nado livre; (iii) concluir que as modificações nos parâmetros mecânicos encontrados em resposta ao aumento de intensidade podem ser assumidas como estratégias que os nadadores produzem para superar o arrasto hidrodinâmico e manter uma propulsão de nado eficiente.

Palavras-chaves: avaliação, natação, desempenho, propulsão, biomecânica, energia

ABSTRACT

Kinematic parameters, propelling efficiency, coordination, and energetic are fundamental for understanding swimming performance. Therefore, this thesis is constituted by three studies, whose objectives are: (I) to carry out a systematic review with meta-analysis of studies involving kinematic parameters, propelling efficiency, coordination energetic in 400-m front crawl test; (II) to compare the kinematic, coordination, propelling efficiency, and energetic parameters between two performance levels in 400-m freestyle and check which parameters have the greatest influence on the 400-m front crawl test and 400 m freestyle performances; (III) to compare stroke cycle frequency, centre of mass displacement and velocity, propelling efficiency, duration of propulsive and non-propulsive phases, and three-dimensional hand displacement, and to correlate propelling efficiency and three-dimensional hand displacements in the four competitive strokes and both gender. **Main results. Study I:** in studies that focus on the 400-m front crawl test, swimmers achieve average swimming speed considered moderate ($1.34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), which facilitates to remain in high propelling efficiency (34.7%) and generates swimming coordination model in catch up (index of coordination = -11.0%), with intermediate and high peak of oxygen uptake value ($58.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). **Study II:** the group with the best performance in the 400 m freestyle (G1) shows the best performance in the 400 m front crawl test, greater propelling efficiency, greater total energy power, with emphasis on aerobics, and less alactic anaerobic contribution. Kinematic parameters were the ones that most influenced both, test and event, performances. **Study III:** (i) stroke rate and speed increased in both sexes with increasing intensities; (ii) propelling efficiency decreased with increased intensities in breaststroke for male swimmers, and for genders in butterfly stroke, without interaction between intensities and gender; (iii) duration of the propulsive and non-propulsive phases increased and decreased, respectively, with increasing intensities (except in the butterfly stroke) with differences between the genders and intensities in the front crawl stroke; (iv) with increased intensity, horizontal displacement of the hands decreased, mainly in male swimmers, without interactions between genders and intensities; (v) significant negative correlations were found, mainly in the horizontal displacement of both genders in the front crawl and butterfly stroke at high intensity. Thus, this thesis allowed: (i) systematic analysis of performance parameters in 400-m front crawl test, such results can serve as references; (ii) to identify that, between the performance levels in 400-m freestyle, the aerobic condition was decisive to achieve better performance in the 400 m crawl test, with the addition of improved propelling efficiency, and that kinematic parameters contributed significantly to test performance, similarly to the 400-m freestyle race; (iii) conclude that the modifications in mechanical parameters found in response to the intensity increases can be assumed as strategies that swimmers acquire to overcome hydrodynamic drag and maintain efficient swim propulsion.

Keywords: assessment, swimming, performance, propulsion, biomechanics, energy

Lista de abreviaturas, símbolos e unidades

| | |
|--------------------|--|
| α | - Nível de significância definido a priori |
| 3D | - Tridimensional |
| Aer | - Aeróbio |
| AnAla | - Anaeróbio alático |
| ANOVA | - Análise de variância |
| Back | - Nado costas |
| Breast | - Nado peito |
| C | - Custo energético |
| cm | - Centímetros |
| COM | - Centro de massa |
| E400 | - Desempenho obtido pelo melhor tempo na prova de 400 m nado livre |
| ES | - Tamanho de efeito |
| Eta ² | - Estatística eta ² - Tamanho de efeito |
| E _{tot} | - Energia total |
| Fly | - Nado borboleta |
| Free | - Nado crawl |
| G1 | - Grupo de melhor desempenho do teste de 400 m nado crawl |
| G2 | - Grupo de pior desempenho do teste de 400 m nado crawl |
| HD | - Deslocamento das mãos |
| HS | - Velocidade das mãos |
| IdC | - Índice de coordenação |
| IVV | - Variação intracíclica velocidade |
| kg | - Quilogramas |
| kJ | - Quilo Joules |
| kW | - Quilo Watts |
| l | - Litro |
| L1 | - Trecho dos 400 m entre 75-100 m |
| L2 | - Trecho dos 400 m entre 175-200 m |
| L3 | - Trecho dos 400 m entre 275-300 m |
| L4 | - Trecho dos 400 m entre 375-400 m |
| La _{peak} | - Lactato pico |
| LMR | - Regressão linear múltipla |
| m | - Metros |
| min | - Minutos |
| ml | - Mililitros |
| mM | - Milimol |
| NProp | - Duração das fases não propulsivas |
| O ₂ | - Dióxido de oxigênio |
| p | - Nível de significância calculado a posteriori |
| Prop | - Duração das fases propulsivas |
| s | - Segundos |
| S | - Velocidade de nado |
| S _{COM} | - Velocidade do centro de massa |
| SD | - Desvio-padrão |
| SL | - Deslocamento do corpo por ciclo de braçada |
| SR | - Frequência de ciclo de braçadas |
| t | - Tempo |

| | |
|---------------------|-------------------------------|
| T400 | - Teste de 400 m nado crawl |
| VO ₂ | - Consumo de oxigênio |
| VO _{2max} | - Consumo máximo de oxigênio |
| VO _{2peak} | - Pico de consumo de oxigênio |
| X | - Eixo horizontal |
| y | - Anos |
| Y | - Eixo vertical |
| Z | - Eixo lateral |
| η _p | - Eficiência propulsiva |

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Introdução geral | 16 |
| Estudo I: Parâmetros de desempenho do teste de 400 m nado crawl: uma meta-análise descritiva de dados contínuos | 23 |
| RESUMO | 23 |
| Estudo II: Quais parâmetros influenciam no teste de 400 m nado crawl e na prova de 400 m nado livre? | 26 |
| RESUMO | 26 |
| Estudo III: Efeitos de diferentes intensidade e sexo nos parâmetros mecânicos de desempenho nos quatro nados competitivos..... | 29 |
| RESUMO | 29 |
| Considerações finais e implicações..... | 32 |
| Modelo determinístico de desempenho em natação..... | 35 |
| Referências Gerais..... | 37 |
| Anexo A – Aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS..... | 46 |
| Anexo B – Termos de Autorizações Institucionais | 47 |
| Apêndice A – Cartaz de divulgação..... | 49 |
| Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido..... | 50 |
| Apêndice C – Lista de artigos publicados (nove) e trabalhos apresentados (dez) em eventos científicos durante o doutorado..... | 51 |

Introdução geral

Introdução geral

Existe grande desafio aos pesquisadores da ciência do esporte em avaliar, de modo qualificado e eficaz, parâmetros biomecânicos e fisiológicos influentes ou determinantes no desempenho da natação desportiva. Nas últimas décadas, inúmeros são os métodos, técnicas e equações aplicadas nas avaliações de desempenho para diferentes provas e nados. Sendo assim, parâmetros relacionados à cinemática, eficiência, coordenação e energética vêm recebendo maiores atenções, sendo intensivamente investigados. Porém, é possível identificar lacunas em relação ao conhecimento científico da natação em relação a:

- (i) Estruturação dos resultados dos estudos que avaliaram parâmetros de desempenho em 400 m nado crawl, a fim de fornecer perspectivas críticas do atual conhecimento científico deste teste, considerado teste que permite análises fisiológicas importantes ao desempenho de nadadores;
- (ii) Determinantes do desempenho (considerando a cinemática, a eficiência propulsiva, a coordenação e a energética) em 400 m nado crawl, tanto em teste, quanto em prova competitiva (400 m nado livre);
- (iii) Efeitos de diferentes intensidades de nado sobre a cinemática, a eficiência propulsiva e a coordenação nos quatro nados competitivos (crawl, costas, peito, borboleta) em ambos os sexos.

Desde a década de 1980, estudos (Capelli et al., 1998; Vilas-Boas et al., 2011; Zamparo et al., 2011) tentam compreender os comportamentos dos parâmetros energéticos em diferentes velocidades de nado. Pesquisas recentes (Kalva-Filho et al., 2015; Ribeiro et al., 2017; Zacca et al., 2017) utilizaram padrões ouro de avaliação energética (ergospirometria e análises de lactato sanguíneo) com utilização de tecnologia atualizada, que permite, por exemplo, avaliar o consumo de oxigênio (VO_2), máximo ou não, do nadador, em tempo real ao longo de determinada distância percorrida, por ergoespirômetro portátil.

A medida do VO_2 , associada à medida de lactacidemia, permite identificar a energética dos esforços. A energia total necessária para o nadador completar

determinada prova ou teste provém tanto da contribuição aeróbia, quanto da anaeróbia (lática e alática). Provas de meia distância, como 400 m nado livre, possuem predominância de contribuição aeróbia, entretanto estudos (Capelli et al., 1998; Laffite et al., 2004) apontam considerável contribuição anaeróbia neste evento. Além disso, a velocidade média de 400 m, em nado crawl, tem sido apontada como similar àquela mínima exigida para se atingir o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) (Fernandes et al., 2008). Assim, pesquisadores e técnicos utilizam essa distância para avaliação da capacidade energética dos nadadores (Laffite et al., 2004; Zacca et al., 2017).

Porém, apenas identificar os níveis de contribuição energética exigidos em determinadas e diferentes distâncias não basta para compreender os mecanismos determinantes do desempenho de nadadores. O custo energético (C), como a quantidade de energia metabólica total (E_{tot}) gasta em transportar a massa corporal por unidade de distância sob determinada velocidade de nado ($C = E_{tot}/S$ (Capelli et al., 1998), tem sido apontado como um dos principais determinantes do desempenho em eventos de média e longa duração (Zamparo et al., 2005; Figueiredo et al., 2011). A velocidade pura de nado (S), sem contribuição das saídas e viradas, é o produto entre a frequência média de ciclos de braçadas e a distância média percorrida pelo corpo em um ciclo de braçadas (Craig; Pendergast, 1979). Apesar desses parâmetros serem frequentemente utilizados na natação desportiva, métodos tridimensionais, que permitem identificar, de modo eficaz e confiável, o deslocamento e a velocidade do centro de massa do corpo (Fernandes et al., 2012; De Jesus et al., 2016) são mais recentes nas análises em natação.

Além do C , outros parâmetros de desempenho que envolvem a S (identificada, também, a partir do centro de massa corporal do nadador) podem ser a eficiência propulsiva (η_p) e a variação intracíclica da velocidade de nado (IVV). Além disso, pela cinemática tridimensional é possível analisar o deslocamento das mãos e dos pés durante o ciclo de nado, especialmente nas fases que propulsão é gerada, ao passo que seriam os maiores responsáveis pela propulsão gerada. De modo geral, é possível identificar que, com o aumento da S , o deslocamento horizontal das mãos, nas fases propulsivas, tende a diminuir e pouca variação ocorre na profundidade e no deslocamento lateral das mãos, especialmente no nado crawl (Schleihauf, 1988; Gourgoulis et al., 2008).

Além disso, devido a questões antropométricas, nadadores podem apresentar diferenças absolutas no deslocamento das mãos quando comparados a nadadoras (Schleihauf, 1988; Gourgoulis et al., 2008).

Nesse sentido, nadadores tentam atingir melhor técnica de nado e menor C , que podem estar associados à maior eficiência de nado (Zamparo et al., 2020). A eficiência propulsiva (η_p) pode ser definida como a força produzida pelo nadador na água que realmente desloca o seu corpo à frente (Zamparo et al., 2005). Este parâmetro cinético pode ser estimada por meio da teoria da eficiência de Froude transferida para a natação (Figueiredo et al., 2011). A eficiência de Froude não leva em consideração o trabalho interno para o trabalho mecânico total produzido pelo nadador (Barbosa et al., 2009). Em natação, o trabalho interno pode ser desprezível, assim é possível adotar a eficiência de Froude como representativa da η_p do nadador (Zamparo et al., 2005). Considerando o modelo tridimensional para o cálculo da η_p pelo quociente entre S e velocidade tridimensional das mãos em fases propulsivas (Figueiredo et al., 2011), esta tende a ser manter constante, independente da velocidade de nado, ao passo que ocorre aumento tanto da velocidade do centro de massa do corpo, quanto da velocidade das mãos quando se busca o incremento da S .

Identificando que há diferentes relações temporais entre as fases propulsivas das braçadas, no nado crawl, Chollet et al. (2000) desenvolveram um método que buscava quantificar a coordenação de nado a partir das ações propulsivas e não propulsivas em nados alternados (Alberty et al., 2005; Schnitzler et al., 2011) e nados simultâneos (Chollet et al., 2004; Chollet et al., 2006). Para os nados alternados, o índice de coordenação (IdC) é calculado por meio da diferença do tempo entre início da ação propulsiva de uma braçada e o fim da ação propulsiva da outra (Chollet et al., 2000; Chollet et al., 2008). Para os nados simultâneos, calculam-se índices de coordenação entre as braçadas e pernadas (Chollet et al., 2004; Chollet et al., 2006; Silveira et al., 2012).

No nado crawl, em velocidades submáximas, similares àquelas da prova de 400 m nado livre, estudos (Alberty et al., 2005; Schnitzler et al., 2011) indicam não haver mudanças na coordenação ao longo do trajeto. Sendo assim, o IdC fica em torno de -14%, indicando coordenação no modelo de captura. Ainda, Schnitzler et al. (2011) afirmam que nadadores recreacionais e de elite podem apresentar semelhanças no IdC, devido às relações com as oscilações da

frequência de braçadas e velocidade. Porém, se sabe que nadadores especialistas em 400 m nado livre adotam o modelo em captura (IdC negativo) como estratégia de coordenação (Schnitzler et al., 2011). Já em altas velocidades de nado, acima de, aproximadamente, $1,80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, os nadadores adotam o modelo de sobreposição (IdC positivo) (Seifert et al., 2004).

Para o nado costa é possível quantificar o IdC, já que apresenta as mesmas fases do nado crawl, porém com mais uma fase não propulsiva entre o fim da empurrada até a saída da mão da água. Já para os nados peito e borboleta, é necessária a identificação da duração das fases propulsivas e não propulsivas dos membros superiores e inferiores. Tais fases são identificados como:

- (i) nado peito apresenta durações propulsivas pelo início dos movimentos das mãos e dos pés. As mãos movimentam-se para trás até atingir a maior profundidade e início da recuperação. Os pés iniciam a propulsão quando se deslocam lateralmente até a extensão completa dos joelhos;
- (ii) nado borboleta apresenta duração das fases das braçadas semelhante ao nado crawl e pernadas simultâneas com duração de duas fases descendentes (propulsivas) e duas ascendentes (não propulsivas).

De modo geral, com o aumento da velocidade, a durações das fases propulsivas são aumentadas, minimizando as durações das ações não propulsivas, o que modifica a técnica do nadador (Alberty et al., 2008; Seifert et al., 2010). Considerando outros fatores (ex: envergadura, rolamento de ombros) que podem influenciar na duração dessas ações, parece que nadadores competitivos, de alto nível técnico, conseguem manter a maior duração das ações propulsivas ao longo do tempo de esforço (Seifert et al., 2014; Ribeiro et al., 2017). Tais ações se refletem em modelos coordenativos próximos dos modelos de oposição e sobreposição no nado crawl e peito. Já nadadores de nível técnico inferior mantêm a predominância de ações não propulsivas (característico do modelo coordenativo em captura (IdC negativo)).

Além disso, as variações das durações podem ser uma resposta individual às questões metabólicas e antropométricas (Seifert et al., 2004; Schnitzler et al.,

2008), principalmente quando se leva em conta as diferenças entre os sexos. Nadadores apresentam tendência de mudança de modelo (nado crawl), por gerarem maior arrasto, sendo assim, necessitam realizar tal mudança quando a velocidade de nado aumenta (Seifert et al., 2004). Já nadadoras tendem a não variar o modelo de coordenação de nado (modelo em captura) por condições opostas, em relação ao arrasto, aos dos nadadores (Seifert et al., 2004).

Na tentativa de entender melhor as relações entre cinemática, eficiência, coordenação e energética e contribuir com novas investigações na área da natação competitiva, a presente tese apresenta, como objetivo geral, analisar parâmetros cinemáticos, de eficiência, de coordenação e energéticos nos quatro nados competitivos e em diferentes intensidades. Já, os objetivos específicos, desenvolvidos em cada um dos artigos desta tese, são:

(i) Estudo I: *Performance parameters of the 400-m front crawl test in swimming: a continuous descriptive metanalysis*, teve como objetivo reunir estudos das últimas cinco décadas sobre o desempenho de nadadores especialistas nos 400 m nado livre e elaborar um meta-análise de dados contínuos sobre os parâmetros de velocidade, eficiência, coordenação e energia. Foram selecionados primeiramente, por meio das principais bases de dados científicas, 6.304 estudos que, após critérios de elegibilidade determinados pelos pesquisadores, resultaram 40 estudos que contemplaram a meta-análise com velocidade de nado puro, eficiência propulsiva, coordenação e consumo (máximo ou pico) de oxigênio.

(ii) Estudo II: *What parameters influence the 400-m front crawl test and event?* objetivou (i) comparar os parâmetros cinemáticos, de coordenação, eficiência e energética entre dois níveis de desempenho na prova de 400 m nado livre, e (ii) verificar quais parâmetros (cinemáticos, eficiência propulsiva, coordenativos e energéticos) apresentam maior influência no desempenho, tanto em teste de 400 m nado crawl, quanto na prova de 400 m nado livre. Deste estudo participaram 20 nadadores do sexo masculino, de nível nacional e regional, divididos em dois grupos de desempenho (melhor e pior desempenho, pelo percentil 50 do mesmo), tendo por base o melhor desempenho na prova de 400 m nado livre obtido até, no máximo, 3 meses antes das coletas de dados. Este estudo buscou responder as seguintes questões: (1) quais parâmetros interferem mais no desempenho em teste de 400 m nado crawl e em prova de

400 m nado livre? (2) quais parâmetros são capazes de diferenciar o desempenho em 400 m nado crawl? e (3) quais são as semelhanças entre os desempenhos no teste de 400 m nado crawl realizado sob restrições (sem viradas olímpicas e sem fases de nado submerso devido ao uso do esnórquel) e na prova de 400 m nado livre?

(iii) Estudo III: *Effects of different intensities and gender on mechanical parameters in four swimming strokes*, considerando os nados competitivos, analisados individualmente, para ambos os sexos e diferentes intensidades impostas, objetivou: (i) comparar parâmetros cinemáticos (frequência de braçada, distância e velocidade do centro de massa), eficiência propulsiva, duração das fases propulsivas e não propulsivas e deslocamento tridimensional das mãos; (ii) verificar a correlação entre o deslocamento tridimensional das mãos e eficiência propulsiva. Participaram deste estudo 20 nadadores, 10 de cada sexo, cujas médias de desempenho, considerando a melhor prova individual e a pontuação FINA de desempenho, eram de 588 pontos para os homens e 589 pontos para as mulheres. Para este estudo, as seguintes hipóteses foram formuladas, considerando intensidades crescentes de natação, nos quatro nados, para ambos os sexos: (i) a eficiência propulsiva diminuirá; (ii) as durações das fases propulsivas e não-propulsivas irão, respectivamente, diminuir e aumentar; (iii) de modo geral, deslocamentos tridimensionais das mãos irão reduzir; e (iv) haverá correlações negativas entre o deslocamento horizontal da mão e a eficiência propulsiva.

Estudo I

Parâmetros de desempenho do teste de 400 m nado *crawl*: uma meta-análise descritiva de dados contínuos

Estudo 1 surgiu na necessidade de se obter maior conhecimento dos resultados obtidos dos estudos das últimas cinco décadas em relação ao teste de 400 m nado *crawl*, referentes aos parâmetros de velocidade, eficiência de propulsão da braçada, índice de coordenação e consumo de oxigênio. Para isso foi desenvolvido uma meta-análise de dados contínuos descritivos (média e desvio padrão dos parâmetros mencionados). Além disso, este estudo interliga-se ao Estudo 2, desenvolvido com protocolo experimental sobre os mesmos parâmetros.

Estudo I: Parâmetros de desempenho do teste de 400 m nado crawl: uma meta-análise descritiva de dados contínuos

RESUMO

Introdução: Vários estudos têm investigado como parâmetros principais para o desempenho na natação competitiva os cinemáticos, eficiência, coordenativos e energéticos. Sendo assim, o teste de 400 m nado crawl parece ser um teste útil para avaliar esses parâmetros de desempenho. **Objetivo:** Reunir estudos das últimas cinco décadas sobre o desempenho de nadadores especialistas nos 400 m nado livre e elaborar um meta-análise de dados contínuos sobre os parâmetros cinemáticos, eficiência, coordenativos e energéticos. **Métodos:** Foram utilizadas as principais fontes de dados de busca científica: *Pubmed*, *Embase*, *Web of Science* e *SPORTDiscus*. Essas bases de dados foram usadas para selecionar os estudos publicados nas últimas cinco décadas. Do total de 6.323 estudos, após os critérios de inclusão e elegibilidade foram selecionados 40 estudos para a meta-análise. As variáveis escolhidas para representar cada parâmetro de desempenho foram: velocidade de nado limpo (cinemático), eficiência propulsiva (eficiência), índice de coordenação (coordenativos) e consumo de oxigênio (energéticos). Para avaliação do risco de viés foi escolhido o *check-list* de Downs & Black (1988). Os *softwares* *Open MetaAnalistic* e o *GraphPad Prism 8.0* foram utilizados para realizar todas as análises estatísticas (média, desvio-padrão, intervalos de confiança e peso dos estudos) e construção dos gráficos de floresta (*forest plots*), respectivamente. **Resultados:** A velocidade de nado limpo foi considerada moderada ($1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), que facilitaram os nadadores em atingir alta eficiência (34,7%), que induz a um modelo coordenativo de nado em captura (índice de coordenação: - 11%) com elevado consumo de oxigênio ($58,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Alta heterogeneidade ($I^2 > 75\%$) foram encontradas entre os estudos da meta-análise de cada parâmetro de desempenho. **Conclusão:** Os parâmetros cinemáticos (representado pela velocidade de nado limpo) parecem ser o maior responsável e influentes nos parâmetros de eficiência, coordenativos e energéticos para obter um ótimo desempenho na prova dos 400 m estilo livre (em nado crawl).

Palavras-chave: natação, biomecânica, revisão sistemática, desempenho, provas de meia distância

Devido a questões de direitos autorais, apenas o resumo deste artigo está neste documento.

Estudo II

Quais parâmetros influenciam no teste de 400 m nado crawl e na prova de 400 m nado livre?

No primeiro artigo, por meio da meta-análise, apontamos valores referenciais para o teste de 400 m nado crawl e foi observado que a velocidade de nado foi determinante e influente nos parâmetros de eficiência, coordenação e energética. Deste modo, foi realizado, então, o presente estudo (Estudo 2), experimental e integrativo com teste de 400 m nado crawl, que busca preencher as lacunas na literatura sobre o desempenho tanto na prova de 400 m nado livre, quanto no teste de 400 m nado crawl (com comparação de dois grupos de níveis de desempenho diferentes e análises com melhor desempenho em prova de 400 m nado livre).

Estudo II: Quais parâmetros influenciam no teste de 400 m nado crawl e na prova de 400 m nado livre?

RESUMO

Objetivos: (i) comparar parâmetros cinemáticos, eficiência, coordenativos e energéticos entre dois níveis de desempenho na prova de 400 m nado livre e (ii) verificar quais parâmetros cinemáticos, eficiência, coordenativos e energéticos têm mais influência no teste de 400 m nado crawl e na prova de 400 m nado livre. **Métodos:** Vinte nadadores do sexo masculino de nível regional e nacional (idade: 22 ± 6 anos, experiência de treinamento: 11 ± 6 anos) separados pelo percentil cinquenta do melhor desempenho em prova de 400 m nado livre (G1 e G2: melhor e pior desempenho) desempenharam um teste de 400 m nado crawl. Por análise tridimensional do movimento, consumo de oxigênio e concentrações de lactato sanguíneo (para cálculos da contribuição energética) foram realizados para identificação dos parâmetros de desempenho. Para as análises estatísticas foram utilizados teste t de *Student* para amostras independentes com tamanho de efeito pelo d de Cohen e duas regressões lineares múltiplas (RLM). **Resultados:** O G1 obteve em comparação ao G2: (i) melhor resultado no teste de 400 m nado crawl (G1: 302,4 vs. G2: 324,9 segundos), com alto tamanho de efeito; (ii) eficiência propulsiva da braçada (G1; 34,9 vs 31,7%), com alto tamanho de efeito; (iii) pico do consumo de oxigênio (G1: 70,4 vs. 56,1 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), com elevado tamanho de efeito; (iv) potência aeróbia (G1: 1,51 vs. G2: 1,40 kW), com alto tamanho de efeito; (v) consumo de energia total (G1: 1,72 vs. G2: 1,40 kW), com alto tamanho de efeito; (vi) menor contribuição anaeróbia alática (G1: 6,0 vs. G2: 7,0 %), com alto tamanho de efeito. As RLM revelaram a influência no teste de 400 m nado crawl e prova de 400 m nado livre, respectivamente, para os cinemáticos (78 e 60%), eficiência propulsiva da braçada (5 e 21%), coordenativos (9 e 7%) e energéticos (8 e 12%). **Conclusão:** o condicionamento aeróbio foi determinante para atingir o melhor desempenho no teste de 400 m nado crawl e o aperfeiçoamento da técnica de nado, representados principalmente pelos parâmetros cinemáticos foram fundamentais. Mas essa principal influência já era esperada tendo os

parâmetros de eficiência e energéticos também contribuindo na melhora do desempenho no teste e prova dos 400 m nado crawl.

Palavras-chave: natação, cinemática, eficiência, coordenação, energia

Devido a questões de direitos autorais, apenas o resumo deste artigo está neste documento.

Estudo III

Efeitos de diferentes intensidades e sexo nos parâmetros mecânicos de desempenho nos quatro nados competitivos

Nos Estudos 1 e 2 o foco foi direcionando ao nado crawl, e especificamente, o teste de 400 m nado crawl e a prova de 400 m nado livre, que é desempenhada em velocidade submáxima. Assim, identificou-se a necessidade de se investigar os mesmos parâmetros em outras velocidades de nado (definidas por diferentes intensidades) e nos nados costas, peito e borboleta. Deste modo, buscou-se analisar, no Estudo 3, parâmetros biomecânicos sob fatores intensidades e sexos (nadadores homens *versus* nadadoras mulheres).

Estudo III: Efeitos de diferentes intensidade e sexo nos parâmetros mecânicos de desempenho nos quatro nados competitivos

RESUMO

Introdução: o comportamento dos parâmetros de desempenho nos quatro nados competitivos não é uma tarefa fácil aos pesquisadores na área da natação. Além do mais, quando se analisa diferentes intensidades representadas pela velocidade desde da baixa até as mais altas atingidas e possíveis diferenças entre os sexos. **Objetivos:** (I) comparar parâmetros cinemáticos (frequência de braçada, distância e velocidade do centro de massa), eficiência (eficiência propulsiva baseada na velocidade do centro massa), coordenação (duração das fases propulsivas e não propulsivas e deslocamento tridimensional das mãos; (ii) verificar a correlação entre o deslocamento tridimensional das mãos e eficiência propulsiva. **Métodos:** vinte nadadores de nível regional e nacional, de ambos os sexos (10 homens e 10 mulheres) realizaram três repetições de 25 m de cada técnica de nado (borboleta, costas, peito e crawl) nas intensidades baixa, moderada e alta. O sistema de análise de vídeo (60Hz) tridimensional foi utilizado para obtenção dos parâmetros mecânicos do desempenho. Estatística descritiva e inferencial foram aplicadas para os parâmetros. **Resultados:** com o aumento da intensidade, o alto tamanho de efeito de intensidade foram encontradas nos seguintes parâmetros: (i) eficiência propulsiva: menor eficiência propulsiva ($p < 0,05$) foi encontrado na alta intensidade no nado peito (homens) e borboleta (ambos os sexos); (ii) duração das fases propulsivas e não propulsivas: duração da fase propulsiva aumentou ($p < 0,05$), exceto para o nado borboleta em ambos os sexos; e (iii) deslocamento tridimensional das mãos: o deslocamento diminuiu ($p < 0,05$), exceto para os nados de peito e borboleta nos homens. Houve um alto tamanho de efeito de sexo na duração das fases propulsivas e não propulsivas, e homens têm uma curta ($p < 0,05$) duração da fase propulsiva para o nado crawl (alta intensidade). A principal correlação encontrada foi entre a eficiência propulsiva e deslocamento no eixo horizontal das mãos (negativa, $p < 0,05$) no nado crawl para ambos os sexos (alta intensidade). **Conclusão:** as modificações nos parâmetros mecânicos de desempenho encontradas em resposta ao aumento

da intensidade podem ser assumidas como estratégias dos nadadores em superar o arrasto hidrodinâmico e manter a eficiência de propulsão dos nados.

Palavras-chaves: avaliação, coordenação, biomecânica, desempenho

Devido a questões de direitos autorais, apenas o resumo deste artigo está neste documento.

Considerações finais

Considerações finais e implicações

O **estudo I** foi realizado com meta-análise dos resultados obtidos de velocidade de nado, eficiência, coordenação e energético do teste de 400 m nado crawl. Os resultados no **estudo I** foram confirmados pelos resultados do **estudo II**, desenvolvido com métodos atuais para avaliações biomecânicas e energéticas do teste de 400 m nado crawl. Já o **estudo III** realizou análises biomecânicas com a mesma técnica do **estudo II** (cinemática tridimensional), com inclusão do deslocamento tridimensional da mão e os fatores sexo e intensidades distintas, nos quatro nados esportivos. A análise conjunta dos resultados obtidos na presente tese permite avançar os conhecimentos em natação com as seguintes conclusões (e limitações):

1) Os resultados da meta-análise, do **estudo I**, permitiram caracterizar o perfil quantitativo do teste de 400 m nado crawl. O estudo demonstrou alta heterogeneidade, entre os resultados dos estudos, caracterizada pelas variações metodológicas implementadas e nível dos nadadores. Desse modo, a velocidade de nado parece ser o maior responsável e influente sobre os parâmetros de eficiência, coordenação e energética do teste de 400 m nado crawl. A possível limitação dessa meta-análise foi a não realização de análise de sensibilidade e/ou meta-regressão para identificar os possíveis fatores da alta variabilidade entre os estudos. Futuros estudos poderão ser realizados com tal técnica de análise. Além disso, inicialmente o projeto de tese previa a realização de três estudos de revisão sistemática (energética, eficiência propulsiva, coordenação), porém, ao passo que os critérios de seleção dos estudos foram aplicados, verificou-se que um estudo englobaria, de modo mais completo, a proposta inicial.

2) O **estudo II** buscou responder as seguintes questões: (1) quais parâmetros interferem mais no desempenho em teste de 400 m nado crawl e em prova de 400 m nado livre? (2) quais parâmetros são capazes de diferenciar o desempenho em 400 m nado crawl? e (3) quais são as semelhanças entre os desempenhos no teste de 400 m nado crawl realizado sob restrições (sem viradas olímpicas e sem fases de nado submerso devido ao uso do esnórquel) e na prova de 400 m nado livre?

Diante desses três problemas, primeiramente, a análise de regressão múltipla linear revelou que os parâmetros cinemáticos (frequência da braçada, distância e velocidade do centro de massa) parecem ser os mais influentes em ambos, teste e prova. Entretanto, a análise pelo melhor tempo obtido em prova de 400 m nado livre em competição demonstrou que os parâmetros de eficiência propulsiva e energético são muito importantes. Nesse sentido, foi necessário analisar os nadadores por grupos de desempenho diferenciados pelo melhor tempo de prova (400 m nado livre). Os nadadores do G1 (melhor desempenho) realizaram o teste com maior eficiência propulsiva, maior duração de fase de recuperação da braçada e maior potência aeróbia comparados ao G2 (pior desempenho). Logo, os parâmetros de eficiência e os energéticos também foram influentes no melhor desempenho do teste. Uma das limitações do teste é o uso do esnórquel. Este comprometeu o tempo de teste (não a velocidade de nado) pelas restrições de viradas e saídas submersas das bordas pós viradas. Entretanto, alguns estudos (Baldari et al., 2013; Ribeiro et al., 2016) apontam que o uso do esnórquel não altera a cinemática do nado e parâmetros energéticos. Esses apontamentos reforçam a continuação dessas avaliações nas diferentes distâncias de provas competitivas (ex. meias, longas distâncias e maratonas aquáticas).

3) Para o **estudo III**, as seguintes hipóteses foram formuladas, considerando intensidades crescentes de natação, nas quatro técnicas de nado, para ambos os sexos: (i) a eficiência propulsiva diminuirá; (ii) as durações das fases propulsivas e não-propulsivas irão, respectivamente, diminuir e aumentar; (iii) de modo geral, deslocamentos tridimensionais das mãos irão reduzir; e (iv) haverá correlações negativas entre o deslocamento horizontal da mão e a eficiência propulsiva. A primeira hipótese foi aceita apenas para o nado peito, possivelmente porque este nado apresentou grandes diferenças de velocidade entre as intensidades (o que não ocorreu para os nados crawl, costas e borboleta) e ser um nado que produz grande arrasto hidrodinâmico. A segunda hipótese foi confirmada (exceto para o nado borboleta). Provavelmente, as questões técnicas do nado borboleta não foram modificadas em resposta ao aumento da intensidade, além de não sofrer efeito de sexo. As hipóteses

três e quatro foram parcialmente confirmadas. As modificações nos parâmetros dos padrões de deslocamento da braçada, encontradas em resposta ao incremento da intensidade, podem ser compreendidas como estratégias que os nadadores, de ambos os sexos, realizam para superar o arrasto hidrodinâmico e manter o nado mais eficiente. Como limitações, indicamos a não realização de comparações entre os nados alternados (crawl e costas) e entre os nados simultâneos (peito e borboleta) pelas similaridades dos padrões metodológicos e de análises de dados. Além disso, no nado borboleta, a metodologia indicou a passagem pelas câmeras com restrição da respiração, o que pode ter elevado a frequência de braçada nas intensidades leve e moderada, afetando a resposta dos outros parâmetros. Quando da elaboração do projeto que originou a presente tese, um dos objetivos era propor um índice de coordenação que pudesse ser aplicado em todos os nados. Este objetivo não foi atingido, devido, principalmente, às dificuldades impostas à finalização desta tese pela emergência de saúde que iniciou em 2020 e restringiu coletas e análises de dados. Porém, de modo geral, todas as limitações apontadas podem ser resolvidas com o desenvolvimento de futuros estudos em natação.

Modelo determinístico de desempenho em natação

A Figura 1 busca sintetizar os resultados encontrados, de modo gráfico, apontando as relações entre os parâmetros de desempenho para o teste de 400 m nado crawl, para a prova de 400 m nado livre e para os quatro nados, em 25 m (desempenho a partir da velocidade pura de nado).

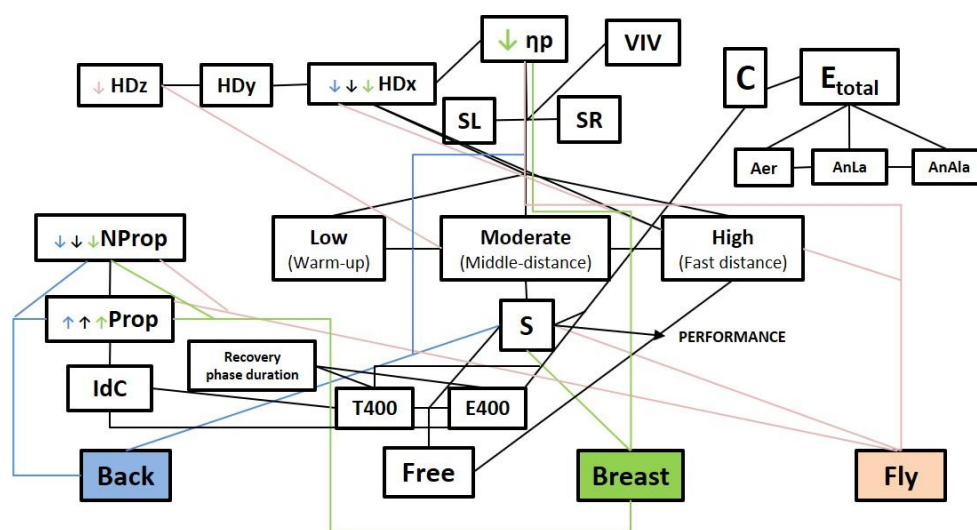


Figura 1. Modelo determinístico com relações entre parâmetros cinemáticos, eficiência, coordenação e energética para os resultados encontrados nesta tese. A diferenciação das técnicas de nados está representada por linhas coloridas. As setas indicadoras revelam as respectivas hipóteses aceitas (pelo menos parcialmente).

| | |
|-------------|---|
| Aer | - Aeróbio |
| AnAla | - Anaeróbio alático |
| Back | - Nado costas |
| Breast | - Nado peito |
| C | - Custo energético |
| E400 | - Desempenho obtido pelo melhor tempo na prova de 400m nado livre |
| E_{total} | - Energia total |
| Fly | - Nado borboleta |
| Free | - Nado crawl |
| HD | - Deslocamento das mãos |
| IdC | - Índice de coordenação |
| IVV | - Variação intracíclica velocidade |
| NProp | - Duração das fases não propulsivas |
| Prop | - Duração das fases propulsivas |
| S | - Velocidade de nado |
| SL | - Deslocamento do corpo por ciclo de braçada |
| SR | - Frequência de ciclo de braçadas |
| T400 | - Teste de 400 m nado crawl |
| VO_2 | - Consumo de oxigênio |
| η_p | - Eficiência propulsiva |

Referências gerais

Referências Gerais

ABDEL-AZIZ, Y.; KARARA, H. Direct linear transformation from comparator co-ordinates into object space co-ordinates. Proc. ASP/UI Symposium on Close-range Photogrammetry, 1971.

ALBERTY, M. et al. Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 11, p. 1191-1200, 2008.

ALBERTY, M. et al. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 6, p. 471-475, 2005.

ALEXANDER, R. **Animal Mechanics**, Blackwell Scientific: Oxford, UK 1983.

ALEXANDER, R. M. **Elastic mechanisms in animal movement**. Cambridge University Press, 1988. ISBN 0521341604.

ARSONIADIS, G. G. et al. Acute Resistance Exercise: Physiological and Biomechanical Alterations During a Subsequent Swim Training Session. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 1, p. 105-112, Jan 2020.

ASPENES, S. et al. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. **Journal Sports Science Medicine**, v. 8, n. 3, p. 357-65, 2009.

BALDARI, C. et al. Is the new AquaTrainer® snorkel valid for VO₂ assessment in swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 34, n. 4, p. 336-344, 2013.

BARBOSA, T. et al. Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 11, p. 894-899, 2006.

BARBOSA, T. M. et al. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 2, p. 262-269, 2010.

BARBOSA, T. M. et al. Effects of protocol step length on biomechanical measures in swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 2, p. 211-8, Mar 2015.

BARBOSA, T. M. et al. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 2, p. 139-49, May 2008.

BARBOSA, T. M. et al. A eficiência propulsiva e a performance em nadadores não experts. / Propulsive efficiency and non- expert swimmers performance. **Motricidade**, v. 5, n. 4, p. 27-43, 2009.

BARBOSA, T. M. et al. Biomechanics of competitive swimming strokes. **Biomechanical of Application**, p. 367-388, 2011.

BASSAN, N. M. et al. Relationship Between Fatigue and Changes in Swim Technique During an Exhaustive Swim Exercise. **International Journal Sports Physiology Performance**, v. 11, n. 1, p. 33-9, Jan 2016.

BENTLEY, D. J. et al. Physiological responses during submaximal interval swimming training: effects of interval duration. **Journal of Science Medicine in Sport**, v. 8, n. 4, p. 392-402, 2005.

BINZONI, T. et al. Phosphocreatine hydrolysis by ³¹P-NMR at the onset of constant-load exercise in humans. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental & Exercise Physiology**, v. 73, n. 4, p. 1644-1649, 1992.

CAMPOS, E. et al. Comparison between peak oxygen consumption and its associated speed determined through an incremental test and a 400-m effort: Implication for swimming training prescription. **Science & Sports**, 11/04 2016.

CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. R.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 5, p. 385-393, 1998.

CHATARD, J. C.; CHOLLET, D.; MILLET, G. Performance and drag during drafting swimming in highly trained triathletes. / Performance et sillage cree par le corps pendant la nage en groupe de triathletes tres bien entraines. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 8, p. 1276-1280, 1998.

CHATARD, J. C. et al. Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 11, n. 2, p. 156-161, 1990.

CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. **International journal of sports medicine**, v. 21, n. 01, p. 54-59, 2000.

CHOLLET, D. et al. The effects of drafting on stroking variations during swimming in elite male triathletes. **European Journal Applied Physiology**, v. 82, n. 5-6, p. 413-7, Aug 2000.

CHOLLET, D. et al. Arm to leg coordination in elite butterfly swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 4, p. 322-329, 2006.

CHOLLET, D.; SEIFERT, L.; CARTER, M. Arm coordination in elite backstroke swimmers. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 7, p. 675-682, 2008.

CHOLLET, D. et al. Evaluation of arm-leg coordination in flat breaststroke. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 7, p. 486-495, 2004.

CHOLLET, D.; SEIFERT, L. M.; CARTER, M. Arm coordination in elite backstroke swimmers. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 7, p. 675-682, 2008.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral**. 2nd. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988.

CORREIA, R. A. et al. The 400-m Front Crawl Test: Energetic and 3D Kinematical Analyses. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 1, p. 21-26, 2020.

COUNSILMAN, J. E. **Doc Counsilman on swimming**. Pelham Books, 1978. ISBN 0720710073.

CRAIG; PENDERGAST, D. R. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 3, p. 278-83, Fall 1979.

CRAIG et al. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 6, p. 625-634, 1985.

DALAMITROS, A. A. et al. Effects of Short-Interval and Long-Interval Swimming Protocols on Performance, Aerobic Adaptations, and Technical Parameters: A Training Study. **Journal Strength Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2871-9, Oct 2016.

DE JESUS, K. et al. Which are the best VO₂ sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 12, p. 1030-1036, 2014.

DE JESUS, K. et al. The Effect of Intensity on 3-Dimensional Kinematics and Coordination in Front-Crawl Swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 6, p. 768-775, 2016.

DEFEYES, J.; SANDERS, R. Elliptical zone body segment modelling software: digitising, modelling and body segment parameter calculation. **ISBS-Conference Proceedings Archive**, 2008.

DEKERLE, J. et al. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **International Journal Sports Medicine**, v. 23, n. 2, p. 93-8, Feb 2002.

DEMINICE, R. et al. Série de treinamento intervalado de alta intensidade como índice de determinação da tolerância à acidose na predição da performance anaeróbia de natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 13, p. 185-189, 2007.

DI PRAMPERO, P. The energy cost of human locomotion on land and in water. **International Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 02, p. 55-72, 1986.

FEITOSA, W. G. et al. Is $\dot{V}O_{2peak}$ a Valid Estimation of $\dot{V}O_{2max}$ in Swimmers with Physical Impairments? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 91, n. 2, p. 252-262, 2020/04/02 2020.

FEITOSA, W. G. et al. Performance of disabled swimmers in protocols or tests and competitions: a systematic review and meta-analysis. **Sports Biomechanics**, p. 1-23, Sep 27 2019.

FERNANDES, R. J. et al. Time limit at VO_{2max} velocity in elite crawl swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 2, p. 145-150, Feb 2008.

FERNANDES, R. J. et al. Kinematics of the Hip and Body Center of Mass in Front Crawl. **Journal of Human Kinetics**, v. 33, p. 15-23, Jun 2012.

FERNANDES, R. J. et al. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 32, n. 12, p. 940-6, Dec 2011.

FIGUEIREDO, P. et al. Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. **BioMed research international**, v. 2013, 2013.

FIGUEIREDO, P. et al. An energy balance of the 200 m front crawl race. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 5, p. 767-777, 2011.

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T. Fluid machines. **Introduction to fluid mechanics**. John Wiley, New York, p. 544-625, 1992.

FRANKEN, M. et al. Biomechanical, coordinative, and physiological responses to a time-to-exhaustion protocol at two submaximal intensities in swimming. **Journal of Physical Education**, v. 30, n. 1, 2019.

FUNAI, Y.; MATSUNAMI, M.; TABA, S. Physiological Responses and Swimming Technique During Upper Limb Critical Stroke Rate Training in Competitive Swimmers. **Journal of Human Kinetics**, v. 70, p. 61-68, 2019.

GAY, A. et al. Is Swimmers' Performance Influenced by Wetsuit Use? **International Journal Sports Physiology Performance**, p. 1-6, Nov 18 2019.

GONJO, T. et al. Differences in kinematics and energy cost between front crawl and backstroke below the anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 6, p. 1107-1118, 2018.

GOURGOULIS, V. et al. Hand orientation in hand paddle swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 5, p. 429-434, 2008.

GOURGOULIS, V. et al. Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. **Journal of Biomechanics**, v. 41, n. 1, p. 208-215, 2008.

GRECO, C. C. et al. Effects of gender on stroke rates, critical speed and velocity of a 30-min swim in young swimmers. **Journal of Sports Science**, v. 6, n. 4, p. 441-448, 2007.

HOLLANDER, A. et al. Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. **Journal of Sports Sciences**, v. 4, n. 1, p. 21-30, 1986.

JUNIOR, N. K. M. Meta-análise para os estudos do esporte e da atividade física. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 49, p. 732-761, 2014.

JURIMAE, J. et al. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v. 19, n. 1, p. 70-81, Feb 2007.

KALVA-FILHO, C. et al. Relationship of Aerobic and Anaerobic Parameters With 400 M Front Crawl Swimming Performance. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 333-337, 2015.

KOGA, D. et al. Effects of exceeding stroke frequency of maximal effort on hand kinematics and hand propulsive force in front crawl. **Sports Biomechanics**, p. 1-13, 2020.

KOJIMA, K.; STAGER, J. Competitive systematization in age-group swimming: An evaluation of performances, maturational considerations, and international paradigms. **Biomechanics Medicine in Swimming XI**, p. 267-269, 2010.

LAFFITE, L. P. et al. Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 29 Suppl, p. S17-31, 2004.

LAVOIE, J. M.; MONTPETIT, R. R. Applied physiology of swimming. **Sports Medicine**, v. 3, n. 3, p. 165-189, 1986.

LERDA, R.; CARDELLI, C. Analysis of stroke organization in the backstroke as a function of skill. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 74, n. 2, p. 215-219, Jun 2003.

LONGO, S. et al. Correlation between two propulsion efficiency indices in front crawl swimming. **Sport Sciences for Health**, v. 4, n. 3, p. 65, 2009/02/14 2009.

MAUGER, A. R.; NEULOH, J.; CASTLE, P. C. Analysis of pacing strategy selection in elite 400-m freestyle swimming. **Medicine Science in Sports**, v. 44, n. 11, p. 2205-2212, 2012.

MCCABE, C. B.; PSYCHARAKIS, S.; SANDERS, R. Kinematic differences between front crawl sprint and distance swimmers at sprint pace. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 2, p. 115-123, 2011.

MCCABE, C. B.; SANDERS, R. H. Kinematic differences between front crawl sprint and distance swimmers at a distance pace. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 6, p. 601-608, 2012.

MEZZAROBA, P. V.; PAPOTI, M.; MACHADO, F. A. Gender and distance influence performance predictors in young swimmers. **Motriz-Revista De Educacao Fisica**, v. 19, n. 4, p. 730-736, 2013 2013.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Journal Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 10, p. 1006-12, Oct 2009.

OBERT, P. et al. Bioenergetic characteristics of swimmers determined during an arm-ergometer test and during swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 13, n. 4, p. 298-303, May 1992.

OLIVEIRA, M. F. M. et al. Stroking Parameters during Continuous and Intermittent Exercise in Regional-Level Competitive Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 9, p. 696-701, Sep 2012.

OXFORD, S. W. et al. Changes in kinematics and arm-leg coordination during a 100-m breaststroke swim. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 16, p. 1658-1665, 2017.

OZYENER, F. et al. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **Journal of Physiology**, v. 533, n. Pt 3, p. 891-902, Jun 15 2001.

PAPOTI, M. et al. Tethered Swimming for the Evaluation and Prescription of Resistance Training in Young Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, p. 125-133, 02/07 2017.

PETERSON SILVEIRA, R. et al. A Biophysical Analysis on the Arm Stroke Efficiency in Front Crawl Swimming: Comparing Methods and Determining the Main Performance Predictors. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 23, Nov 26 2019.

PETIBOIS, C.; DELERIS, G. Fourier-transform infrared spectrometry determination of the metabolic changes during a maximal 400-meter swimming test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 5, p. 313-319, 2003.

PSYCHARAKIS, S. G.; SANDERS, R.; MILL, F. A calibration frame for 3D swimming analysis. **ISBS-Conference Proceedings Archive**, 2008.

RIBEIRO, J. et al. Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 3, p. 196-200, 1990.

RIBEIRO, J. et al. AquaTrainer® Snorkel does not Increase Hydrodynamic Drag but Influences Turning Time. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 4, p. 324-328, 2016.

RIBEIRO, J. et al. Biomechanics, energetics and coordination during extreme swimming intensity: effect of performance level. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 16, p. 1614-1621, 2017.

RIBEIRO, J. et al. VO₂ kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 5, p. 1117-24, May 2015.

RIBEIRO, J. et al. Biophysical Determinants of Front-Crawl Swimming at Moderate and Severe Intensities. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. 2, p. 241-246, 2017.

RIBEIRO, J. P. et al. Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 3, p. 196-200, 1990.

RODRIGUEZ, E. Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 40, p. 87-95, 2000.

RODRIGUEZ, F. Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling test in competitive swimmers. **Journal of Sports Medicine Physical Fitness**, v. 40, n. 2, p. 87, 2000.

RODRÍGUEZ, F.; MADER, A. Energy metabolism during 400 and 100-m crawl swimming: computer simulation based on free swimming measurement. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX. Saint-Étienne: Publications de l'Université de Saint-Étienne**, 2003. 373-378.

RODRÍGUEZ, F. A.; MADER, A. Energy systems in swimming. **World Book of Swimming. From Science to Performance. New York: Nova**, p. 225-240, 2011.

SAMSON, M. et al. Kinematic hand parameters in front crawl at different paces of swimming. **Journal of Biomechanics**, v. 48, n. 14, p. 3743-3750, 2015.

SANDERS, R. H.; GONJO, T.; MCCABE, C. B. Reliability of Three-Dimensional Linear Kinematics and Kinetics of Swimming Derived from Digitized Video at 25 and 50 Hz with 10 and 5 Frame Extensions to the 4th Order Butterworth Smoothing Window. **Journal of sports science & medicine**, v. 14, n. 2, p. 441-451, 2015.

SAUNDERS, M. J. et al. Muscle activation and the slow component rise in oxygen uptake during cycling. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2040-5, Dec 2000.

SCHLEIHAUF, R. J. S. S. Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, back stroke, and Breaststroke. **Swimming Science**, p. 53-59, 1988.

SCHNITZLER, C.; ERNWEIN, V.; CHOLLET, D. Comparison of spatio-temporal, metabolic, and psychometric responses in recreational and highly trained swimmers during and after a 400-m freestyle swim. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 02, p. 164-171, 2007.

SCHNITZLER, C.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Arm coordination and performance level in the 400-m front crawl. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 82, n. 1, p. 1-8, Mar 2011.

SCHNITZLER, C. et al. Effect of aerobic training on inter-arm coordination in highly trained swimmers. **Human Movement Science**, v. 33, n. 1, p. 43-53, 2014.

SCHNITZLER, C. et al. Arm coordination adaptations assessment in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 6, p. 480-6, Jun 2008.

SEIFERT, L. Inter-Limb Coordination in Swimming. **XIth International Symposium for Biomechanics & Medicine in Swimming**, n. 11, p. 35-39, 2010.

SEIFERT, L.; BOULESTEIX, L.; CHOLLET, D. Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 3, p. 217-223, 2004.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Modelling spatial-temporal and coordinative parameters in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 4, p. 495-499, 2009.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; BARDY, B. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 22, n. 7, p. 651-660, 2004.

SEIFERT, L. et al. Coordination pattern variability provides functional adaptations to constraints in swimming performance. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 44, n. 10, p. 1333-1345, 2014.

SEIFERT, L. et al. Arm coordination, power, and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers. **Human Movement Science**, v. 29, n. 3, p. 426-439, 2010.

SILVEIRA, R. P. et al. The Effects of Leg Kick on Swimming Speed and Arm-Stroke Efficiency in the Front Crawl. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 6, p. 728-735, 2017.

SILVEIRA, R. P. et al. Coordenação do nado borboleta: estudo piloto sobre os efeitos da velocidade de nado e das ações inspiratórias. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 34, n. 2, p. 405-419, 2012.

SOUSA, A. et al. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 8, p. 2153-2158, 2013.

STRZALA, M.; TYKA, A.; KREZALEK, P. Physical endurance and swimming technique in 400 metre front crawl race. **Journal of Human Kinetics**, v. 18, p. 73-85, Dec 2007.

TEMESI, J. et al. The Relationship Between Oxygen Uptake Kinetics and Neuromuscular Fatigue in High-Intensity Cycling Exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 5, p. 969-978, 2017.

TOUSSAINT, H. M. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 22, n. 3, p. 409-15, Jun 1990.

TOUSSAINT, H. M. et al. Propelling efficiency of front-crawl swimming. **Journal of Applied Physiology**, v. 65, n. 6, p. 2506-2512, 1988.

TSALIS, G. et al. Physiological responses and stroke-parameter changes during interval swimming in different age-group female swimmers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 12, p. 3312-3319, Dec 2012.

TSUNOKAWA, T. et al. The effect of using paddles on hand propulsive forces and Froude efficiency in arm-stroke-only front-crawl swimming at various velocities. **Human Movement Science**, v. 64, p. 378-388, 2019.

VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J.; BARBOSA, T. Intra-cycle velocity variations, swimming economy, performance and training in swimming. **The world book of swimming: from science to performance**. New York, NY: Nova Science Publishers, Hauppauge, p. 119-134, 2011.

WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal Applied Physiology Occupational Physiology**, v. 64, n. 2, p. 153-7, 1992.

ZACCA, R. et al. Comparison of incremental intermittent and time trial testing in age-group swimmers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 3, p. 801-810, Jun 22 2017.

ZACCA, R. et al. Monitoring age-group swimmers over a training macrocycle: energetics, technique, and anthropometrics. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 3, p. 818-827, 2020.

ZACCA, R. et al. Swimming Training Assessment: The Critical Velocity and the 400-m Test for Age-Group Swimmers. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1365, 2016.

ZACCA, R. et al. Effects of detraining in age-group swimmers performance, energetics and kinematics. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 13, p. 1490-1498, Jul 3 2019.

ZAMPARO; CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. Energetics of swimming: a historical perspective. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 3, p. 367-378, 2011.

ZAMPARO, P. Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 1, p. 52-58, 2006.

ZAMPARO, P. et al. Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 94, n. 5-6, p. 697-704, 2005.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. Energetics of swimming: A historical perspective. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 3, p. 367-378, 2011.

ZAMPARO, P.; CORTESI, M.; GATTA, G. The energy cost of swimming and its determinants. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 1, p. 41-66, Jan 2020.

ZAMPARO, P. et al. An energy balance of front crawl. **European Journal of Applied Physiology**, v. 94, n. 1-2, p. 134-144, 2005.

ZHENG, W. et al. Study on the Division Tactics of Top Swimming Athletes Home and Abroad in the 400m Freestyle Swimming Race. **Third International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2007)**, IEEE. p.317-320, 2007.

Anexo A – Aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS

| UFRGS - PRÓ-REITORIA DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO | |
|---|--|
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | |
| DADOS DO PROJETO DE PESQUISA | |
| Título da Pesquisa: Energética, Eficiência Propulsiva e Coordenação na Natação | |
| Pesquisador: Flávio Antônio de Souza Castro | |
| Área Temática: | |
| Versão: 2 | |
| CAAE: 82225718.5.0000.5347 | |
| Instituição Proponente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul | |
| Patrocinador Principal: Financiamento Próprio | |
| DADOS DO PARECER | |
| Número do Parecer: 2.672.555 | |
| Apresentação do Projeto: | |
| Trata-se de projeto de pesquisa apresentado por professor da ESEFID, vinculado a uma tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano que retoma para nova avaliação deste CEP, após solicitação de adequação. | |
| Objetivo da Pesquisa: | |
| Objetivo geral | |
| analisar parâmetros energéticos, eficiência de nado e modelos coordenativos nos quatro estilos da natação em diferentes velocidades. | |
| Os objetivos específicos são subdivididos de acordo com os cinco estudos que serão apresentados ao longo deste projeto. | |
| Três estudos iniciais de revisão sistemática: | |
| Estudo 1: Parâmetros energéticos na natação: uma revisão sistemática Objetivo: revisar sistematicamente as evidências dos estudos que avaliaram parâmetros energéticos nos quatro | |
| Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro | |
| Bairro: Foinópolis CEP: 90.040-060 | |
| UF: RS | Município: PORTO ALEGRE |
| Telefone: (51)3336-3738 | Fax: (51)3336-4085 E-mail: etica@propeq.ufrgs.br |

Página 01 de 04

| UFRGS - PRÓ-REITORIA DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO | |
|--|--|
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | |
| Continuação do Parecer 2.672.555 | |
| estilos e em diferentes distâncias e velocidades. | |
| Estudo 2: Eficiência propulsiva na natação: uma revisão sistemática | |
| Objetivo: revisar sistematicamente os estudos em natação que determinaram a eficiência propulsiva em diferentes distâncias e velocidades. | |
| Estudo 3: Parâmetros coordenativos na natação: uma revisão sistemática | |
| Objetivo: revisar sistematicamente as evidências nos resultados de coordenação em diferentes distância e velocidades na natação. | |
| Dois estudos no modelo ex-post-facto: | |
| Estudo 4: Energética, eficiência e coordenação em 400 m nado crawl | |
| Objetivo: analisar as relações entre parâmetros energéticos, eficiência propulsiva e índices de coordenação ao longo do T400. | |
| Estudo 5: Eficiência propulsiva, coordenação e trajetória das mãos nos quatro estilos de nado em diferentes velocidades | |
| Objetivos: (I) determinar a p em todos os estilos e em diferentes velocidades; (II) determinar os ICs (nados alternados) e TTGs (nados simultâneos) e (III) verificar as influências da trajetória das mãos e dos pés na p. | |
| Avaliação dos Riscos e Benefícios: | |
| Os riscos e benefícios estão adequadamente apresentados. | |
| Comentários e Considerações sobre a Pesquisa: | |
| Trata-se de um projeto de tese de doutorado que busca, como objetivo geral, analisar parâmetros energéticos, eficiência de nado e modelos coordenativos nos quatro estilos da natação em diferentes velocidades. Serão realizadas três revisões sistemáticas e dois estudos do tipo ex-post-facto, para responder três problemas de pesquisa: (I) quais as evidências e heterogeneidades encontradas nos estudos que avaliaram os parâmetros energéticos, de eficiência e coordenação na natação em nadadores competitivos? (II) qual o comportamento dos parâmetros energéticos, eficiência propulsiva e coordenação dos 400 m nado crawl em máxima intensidade? (III) qual o comportamento da eficiência propulsiva e da coordenação em diferentes velocidades nos quatro estilos da natação competitiva (borboleta, crawl, costas e peito)? Para responder o problema (I) os métodos de revisão sistemática serão aplicados. Para o problema (II) serão utilizados métodos de ergoespirometria durante o nado, lactacidemia e cinemática tridimensional. Para responder o | |
| Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro | |
| Bairro: Foinópolis CEP: 90.040-060 | |
| UF: RS | Município: PORTO ALEGRE |
| Telefone: (51)3336-3738 | Fax: (51)3336-4085 E-mail: etica@propeq.ufrgs.br |

Página 02 de 04

| UFRGS - PRÓ-REITORIA DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------|
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | | | | |
| Continuação do Parecer 2.672.555 | | | | |
| problema (II), métodos de cinemática tridimensional serão utilizados. | | | | |
| Nos estudos do tipo ex-post-facto participarão 20 nadadores competitivos (número estimado a partir de cálculo amostral), com idade acima de 18 anos. Os atletas serão avaliados em relação às características antropométricas, aos vários estilos de natação em distâncias de 25m, desempenho em 400 metros nado crawl com snorkel (tubo respiratório), consumo máximo de oxigênio, percepção subjetiva ao esforço, concentração de lactato. As avaliações ocorrerão em duas sessões distintas. | | | | |
| O projeto sem dúvida alguma é meritorioso, onde os resultados poderão contribuir para o maior conhecimento e compreensão das variáveis investigadas, podendo fornecer informações tanto ao treinador quanto aos atletas. | | | | |
| Havia sido solicitado esclarecimentos com relação a forma de contato com os nadadores. Os autores atenderam a solicitação, informando que o contato não será direto, mas sim por redes sociais, anexando inclusive o cartaz que será utilizado. | | | | |
| Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória: | | | | |
| Folha de rosto, adequada. | | | | |
| Orçamento, adequado | | | | |
| Cronograma, adequado. | | | | |
| Projeto completo, adequado | | | | |
| Termo de consentimento, adequado. | | | | |
| Material de divulgação/convite, adequado | | | | |
| Autorização de instituições participantes, presente. | | | | |
| Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações: | | | | |
| Atendidas as solicitações, o projeto encontra-se em condições de ser aprovado. | | | | |
| Considerações Finais a critério do CEP: | | | | |
| Aprovado. | | | | |
| Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados: | | | | |
| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
| Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro | | | | |
| Bairro: Foinópolis CEP: 90.040-060 | | | | |
| UF: RS | Município: PORTO ALEGRE | | | |
| Telefone: (51)3336-3738 | Fax: (51)3336-4085 | E-mail: etica@propeq.ufrgs.br | | |

Página 03 de 04

| UFRGS - PRÓ-REITORIA DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO | | | | |
|--|---|-------------------------------|--------------------------------|-------|
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | | | | |
| Continuação do Parecer 2.672.555 | | | | |
| Informações Básicas do Projeto | PE_INFORMACOES_BASICAS_DO_P ROJETO_1060521.pdf | 21/04/2018 09:24:33 | | Aoito |
| Outros | Resposta_parecer.pdf | 21/04/2018 09:24:12 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| Outros | cartazcartaz.pdf | 21/04/2018 09:23:07 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | completot2.pdf | 21/04/2018 09:22:43 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| Folha de Rosto | Folha_de_Rosto_assinada.pdf | 19/01/2018 15:10:56 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| Parecer Anterior | parecer_aprovacao_compeq.pdf | 04/01/2018 17:04:36 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | anuenda_institucional.pdf | 04/01/2018 17:04:09 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE.pdf | 04/01/2018 17:03:51 | Flávio Antônio de Souza Castro | Aoito |
| Situação do Parecer: | | | | |
| Aprovado | | | | |
| Necessita Apreciação da CONEP: | | | | |
| Não | | | | |
| PORTO ALEGRE, 24 de Maio de 2018 | | | | |
| Assinado por: | | | | |
| MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA (Coordenadora) | | | | |
| Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro | | | | |
| Bairro: Foinópolis CEP: 90.040-060 | | | | |
| UF: RS | Município: PORTO ALEGRE | | | |
| Telefone: (51)3336-3738 | Fax: (51)3336-4085 | E-mail: etica@propeq.ufrgs.br | | |

Página 04 de 04

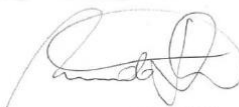
Anexo B – Termos de Autorizações Institucionais

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Termo de Anuência para Utilização de Infra-Estrutura

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2017

Eu, **Ricardo D. Petersen, Diretor da ESEFID**, considerando objetivos, materiais e métodos descritos, declaro que o projeto de pesquisa "**Energética, Eficiência Propulsiva e Coordenação na Natação**", do doutorando Ricardo de Assis Correia e de seu orientador, Flávio Antônio de Souza Castro, vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, desta Universidade, **pode ser desenvolvido nesta Escola**.



Ricardo Demétrio de Souza Petersen
Diretor
ESEFID/UFGRS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO

DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA DE REALIZAÇÃO DE PESQUISA NO LAPEX

Declaro para os devidos fins, que autorizo a realização da pesquisa intitulada "**Energética, Eficiência Propulsiva e Coordenação na Natação**" sob a orientação do professor **FLÁVIO ANTÔNIO DE SOUZA CASTRO** no Laboratório de Pesquisa do Exercício.

Aluno: **RICARDO DE ASSIS CORREIA**

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2017.



Prof. Leonardo Tartaruga
Diretor do Laboratório de Pesquisa do Exercício.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
CENTRO OLÍMPICO

Termo de Anuência para Utilização de Infra-Estrutura

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2017

Eu, **Flávia Gomes Martinez, Vice-diretora de Centro Olímpico da ESEFID**, considerando objetivos, materiais e métodos descritos, declaro que o projeto de pesquisa "**Energética, Eficiência Propulsiva e Coordenação na Natação**", do doutorando Ricardo de Assis Correia e de seu orientador, Flávio Antônio de Souza Castro, vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, desta Universidade, **pode ser desenvolvido nas dependências das piscinas deste Centro.**



Apêndice A – Cartaz de divulgação



Convite para participar em estudo sobre
 Energética, eficiência propulsiva e coordenação em natação
O grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos (GPEA) convida:
Nadadores de ambos os sexos, que competem, maiores de 18 anos com
tempo nos 400 m nado crawl abaixo de 5 min



Objetivo: analisar parâmetros energéticos, eficiência de nado e modelos coordenativos nos quatro estilos da natação em diferentes velocidades.

Benefício direto: Esta pesquisa vai auxiliá-lo a compreender e melhorar seu desempenho na prova de 400m nado livre e sua técnica individual nos quatro estilos, o que poderá ajudá-lo em treinos e competições.

A participação é gratuita e voluntária!

Interessados, entrar em contato por E-mail:
 Ricardo Correia: ricardoacorreia@yahoo.com.br

Dr. Flávio Castro: souza.castro@ufrgs.br
 Pesquisa desenvolvida na ESEFID da UFRGS



Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Venho te convidar a participar do projeto de pesquisa intitulado **Energética, Eficiência Propulsiva e Coordenação na Natação** será realizado no centro natatório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo como responsável o professor Dr. Flávio Antônio de Souza Castro.

O objetivo geral   analisar parâmetros energéticos, eficiência de nado e modelos coordenativos nos quatro estilos da nata o e em velocidades diferentes. Serão realizadas duas avalia es: uma com 400 m nado crawl e outra com três repeti es de 25 m para cada estilo. Na primeira sessão serão obtidas medidas de estatura, massa corporal, dobras cutâneas e envergadura. Após essas avalia es antropométricas, você será demarcado com tinta preta hipoalerg nica dissolvida em água na forma de pasta por uma esponja circular nas principais articula es dos membros inferiores e superiores. Aquecimento na piscina similar ao que você está acostumado a realizar será realizado. Após o aquecimento, serão coletados do braço direito 3 ml de sangue que serão utilizados para verifica o do lactato. Posteriormente, com saída de dentro da piscina, será realizado uma familiariza o com a válvula do analisador de gás acoplado ao esnorquel do mesmo aparelho. Seguindo, durante 5 minutos será realizado um repouso. Após será realizado 400m nado crawl em intensidade de competi o. Na segunda sessão, você, após o mesmo aquecimento, mas sem utilizar os equipamentos para coleta de gases e sem coleta de sangue, realizar  quatro séries de tr s repeti es de 25 m, uma série para cada estilo. As repeti es serão em três diferentes intensidades: fraca, média e forte, haverá 2 minutos de intervalo entre cada repeti o e três minutos entre cada série, similar aos treinos que você executa. Em todos os testes, câmeras de vídeo estarão registrando as imagens suas nadando.

RISCOS: Você poderá sentir algumas dores e desconfortos musculares decorrentes do esforço máximo de 400 m, porém, esses riscos podem ser minimizados ao realizar o aquecimento antes do início da prova. Além disso, você poderá sentir dor e desconforto relativos   coleta de sangue no braço, desconforto ao utilizar máscara para coleta de gases durante o nado. Os pesquisadores responsáveis disponibilizam materiais os quais incluem um kit portátil de primeiros socorros para amenizar algum tipo de lesão que possa ocorrer e prontificam-se a auxiliar o encaminhamento do participante a um posto médico, caso aconteça algo mais grave.

BENEFÍCIOS: Esta pesquisa vai auxiliá-lo a compreender e melhorar seu desempenho na prova de 400m nado livre e sua técnica individual nos quatro estilos, o que poderá ajudá-lo em treinos e competi es.

Qualquer d vida responderá durante a realiza o da coleta e em qualquer momento poderá suspender os testes por livre escolha. Qualquer d vida, por favor, entre em contato com Flávio Antônio de Souza Castro (fone: 51 33085825). Bem como com o Comitê de  tica em Pesquisa da UFRGS: (51) 3308 3738.

Toda e qualquer informa o individual obtida durante a pesquisa será totalmente sigilosa.

Eu, _____, fui convidado e concordo em participar do presente estudo. Declaro que estou ciente sobre os procedimentos da pesquisa esclarecidas neste termo e que recebi cópia do presente termo.

Assinatura do participante

Flávio Antônio de Souza Castro

Apêndice C – Lista de artigos publicados (nove) e trabalhos apresentados (dez) em eventos científicos durante o doutorado

| Ano | Artigos | Trabalhos eventos |
|------|---|---|
| 2017 | Relação entre força isométrica de extensão de joelhos e quadris e o desempenho na virada do nado livre. <i>Revista Brasileira de Ciência e Movimento</i> | XVII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2017, Porto Alegre: Velocidade de onda como preditor de desempenho em nadadores (honra ao mérito). Desempenho de nadadores em teste de 400 m esnorquel: comparação com a prova de 400 Aplicação de metrônomo aquático e de pacer visual como métodos para o controle da frequência de braçada e da velocidade no treinamento de natação |
| 2018 | | XIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings, 2018, Tsukuba: Swimming speed in men`s 100-m freestyle confirms the fairness of the Paralympic Classification System: a meta-analysis Hip depth and performance in 400 m front crawl test XVIII Simpósio Brasileiro de Salvamento Aquático/SOBRASA, Foz do Iguaçu: Custo energético dos nados crawl e de aproximação dos guarda-vidas Biomecânica dos nados crawl e de aproximação dos guarda-vidas |
| 2019 | Performance of disabled swimmers in protocols or tests and competitions: a systematic review and meta-analysis. <i>Sports Biomechanics</i> Maximal oxygen uptake, total metabolic energy expenditure, and energy cost in swimmers with physical disabilities. <i>International Journal of Performance Analysis in Sport</i> Kinematic, Coordinative and Efficiency Parameters of Physically Impaired Swimmers at Maximum Aerobic Power Speed. <i>The Open Sports Sciences Journal</i> Cinemática do nado crawl em velocidade sustentada até a exaustão. <i>Revista Brasileira de Ciência e Movimento</i> Oxygen Uptake of Wave Surfers and Complementary Parameters in Front Crawl and Surfing-Paddling Tests. <i>Journal of Strength and Conditioning Research</i> | VII Congresso de Ciência do Desporto, 2019, Campinas: Estimativa de eficiência propulsiva no nado crawl em diferentes intensidades de nadadores competitivos de ambos os sexos. XVIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2019, Manaus: Parâmetros de eficiência em natação: estudo descritivo em 400-m nado crawl Biomecânica da natação: efeitos de diferentes percentuais da velocidade média do teste de 400 m e os domínios de intensidade |
| 2020 | 400 m Front Crawl Energetic and 3D Kinematical Analyses. <i>International Journal of Sports Medicine</i> Is VO ₂ peak a Valid Estimation of VO ₂ max in Swimmers with Physical Impairments? <i>Research Quarterly for Exercise and Sport</i> | XIII Internacional de Investigadores en Educación Física de UDELAR, Montevideo Relações entre eficiência propulsiva da braçada e índice de nado. 2020. Congresso de Educação Física |
| 2021 | Energy contributions in swimmers with physical impairments in an all-out 200-m front crawl test. <i>Sport Sciences for Health (Testo Stampato)</i> | |